

ẢNH HƯỞNG CỦA pH ĐẾN SỰ HÌNH THÀNH VÀ PHÁT TRIỂN CỦA CHẤM LƯỢNG TỬ CdTe

ỨNG THỊ DIỆU THÚY, PHẠM SONG TOÀN, NGUYỄN QUANG LIÊM

1. MỞ ĐẦU

Trong thời gian gần đây, các chấm lượng tử (QD) bán dẫn hợp chất II-VI như CdTe, CdSe [1], CdSTe [2], CdSeTe [3] được quan tâm nghiên cứu nhiều do khả năng ứng dụng của chúng trong đánh dấu huỳnh quang y - sinh [1 - 4], trong các linh kiện quang điện tử tiên tiến kể cả các pin mặt trời và linh kiện chiếu sáng rắn [5 - 8],.... Các QD này có hiệu suất phát quang cao trong vùng phổ khả kiến đến hồng ngoại gần và có độ bền quang hoá vượt trội so với các chất màu hữu cơ.

Các QD chất lượng cao thường được tổng hợp trong dung môi hữu cơ không phân cực có nhiệt độ sôi cao ($> 300^{\circ}\text{C}$). Đã có các công bố về việc chế tạo các QD CdE ($\text{E} = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$) bằng phương pháp phun TOPSe vào dung dịch nóng (nhiệt độ khoảng $220^{\circ}\text{C} - 360^{\circ}\text{C}$) chứa các tiền chất cơ kim của Cd (điển hình là $\text{Cd}(\text{CH}_3)_2$ [1]) hay từ các hợp chất vô cơ của Cd (điển hình là CdO [9]) để tạo phản ứng. Các QD chế tạo được có thể đạt độ sai khác kích thước $\sim 5\%$ sau khi thực hiện kết tủa chọn lọc, có hiệu suất phát quang cao $\sim 65\%$ [10 - 12]. Tuy nhiên, trong một số ứng dụng đòi hỏi phải phân tán các QD trong môi trường nước, người ta phải thực hiện trao đổi ligand hoặc bọc bằng polyme ưa nước. Quá trình này nói chung là phức tạp, thường lại làm giảm hiệu suất phát quang của các QD, làm hạn chế khả năng ứng dụng của chúng (ví dụ, trong đánh dấu y-sinh). Mặt khác, tiền chất cơ kim $\text{Cd}(\text{CH}_3)_2$ rất độc, rất đắt, không bền ở nhiệt độ phòng, dễ cháy nổ ở nhiệt độ cao (khi phản ứng để tạo QD CdSe, CdTe) do giải phóng một lượng khí lớn khi chế tạo vật liệu,... thực sự là vấn đề đáng quan tâm về mặt kỹ thuật thực tế [9]. Hạn chế này còn cho thấy rất khó chế tạo được lượng lớn các QD bán dẫn CdSe, CdTe từ tiền chất cơ kim của Cd.

Khắc phục những hạn chế trên, nhằm chế tạo được lượng lớn các QD bán dẫn, đáp ứng ứng dụng thực tế, một số tập thể khoa học đã nghiên cứu phương pháp chế tạo, tổng hợp các QD bán dẫn (CdTe và CdSe) trực tiếp trong môi trường nước, từ các muối vô cơ của Cd (như CdCl_2 , CdBr_2) và các hợp chất của Te (như NaHTe , Na_2TeO_3 , H_2Te). Kết quả công bố ban đầu trên những vật liệu chế tạo trong môi trường nước chỉ đạt hiệu suất phát quang $\sim 3 - 10\%$ và thời gian phản ứng kéo dài từ vài giờ đến vài ngày [13]. Với việc thụ động hóa bề mặt các QD bằng cách dùng các hợp chất thiol khác nhau như glutathione, cysteamine, thioglycolic [13 - 14] hoặc mercaptopropionic acid (MPA) [4], hiệu suất lượng tử phát quang đã tăng đáng kể, đạt $40 - 67\%$. Các nghiên cứu cũng cho thấy pH của dung dịch phản ứng có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng tinh thể và hiệu suất phát quang. Đặc biệt, hiệu suất phát quang của các QD CdTe sau khi được xử lý ăn mòn quang hoá (thực chất là thụ động hóa bề mặt bằng ion hydro và OH [15]) có thể đạt tới 85% [16].

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của pH đến sự hình thành và phát triển của các QD CdTe chế tạo trực tiếp trong môi trường nước. Độ pH của dung dịch chứa tiền chất chứa Cd được thay đổi trong khoảng $7 - 12$ với nhiệt độ phản ứng tạo mầm là nhiệt độ phòng và nhiệt độ phát triển tinh thể là 120°C . Thời gian phát triển tinh thể

được điều chỉnh theo kích thước QD yêu cầu, trong khoảng 5 phút – 9 giờ. Nguồn tiền chất Te được cung cấp từ dung dịch NaHTe chế tạo riêng. Chất lượng tinh thể của QD được đánh giá thông qua giản đồ nhiễu xạ tia X và ảnh TEM. Tính chất quang, hiệu suất lượng tử phát quang của QD CdTe được nghiên cứu bằng các kỹ thuật phổ hấp thụ và huỳnh quang.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Chế tạo chấm lượng tử CdTe trong môi trường nước

2.1.1. Hóa chất

Các hóa chất được sử dụng để chế tạo các chấm lượng tử CdTe: cadmium bromide (CdBr_2 , Aldrich) độ sạch 99%; 3-mercaptopropionic acid (MPA, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2\text{S}$, Aldrich) 99%; tellurium (Te, Merck) 99,8%; sodium borohydride (NaBH_4 , Merck) 99%; thiourea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$, Merck) 97%; dung dịch NaOH 1M; nước cất hai lần.

2.1.2. Quy trình tổng hợp CdTe

Quy trình chế tạo các QD CdTe trực tiếp trong môi trường nước từ Cd^{2+} và NaHTe như đã trình bày trong công bố trước [17]. Cụ thể, chúng tôi đã tiến hành các thí nghiệm với tỉ lệ mol $\text{Cd} : \text{Te} : \text{MPA} = 1 : 0,5 : 1,5$ và điều chỉnh pH của hỗn hợp dung dịch CdBr_2 12,5 mM và MPA 18,75 mM trong khoảng từ 7 đến 12 bằng dung dịch NaOH 1 M. Sau đó, dung dịch NaHTe 0,625 M (được chuẩn bị riêng, như trình bày dưới đây) được phun nhanh vào hỗn hợp dung dịch phản ứng tại nhiệt độ phòng. Do quá bão hòa nồng độ của tiền chất trong dung dịch phản ứng, các mầm tinh thể CdTe tạo thành rất nhanh và khá đồng đều. Cuối cùng, các mầm tinh thể CdTe này được nuôi trong autoclave ở nhiệt độ 120°C với các thời gian khác nhau để có được các QD CdTe phát quang màu sắc như mong muốn.

Dung dịch NaHTe 0,625 M được chế tạo như sau: hỗn hợp 100 mg NaBH_4 và 160 mg Te được đưa vào bình cầu hai cổ và hút chân không ~30 phút để loại bỏ ôxi. Sau đó, điền khí N_2 để tạo môi trường bảo vệ (NaHTe rất nhạy với ôxi) và phun 2 ml nước cất hai lần đã được loại bỏ ôxi. Sau 30 phút rung siêu âm, Te đã tan hoàn toàn thành dung dịch trong suốt màu tím hồng.

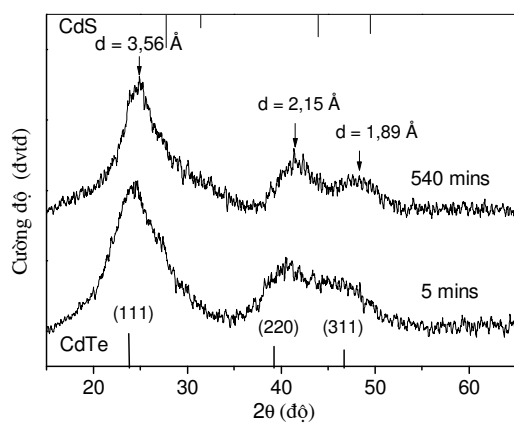
2.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Các mẫu chế tạo với các điều kiện công nghệ khác nhau được khảo sát cấu trúc, kích thước, phân bố kích thước và hình dạng hạt bằng các phương pháp ghi giản đồ nhiễu xạ tia X (X-ray, hệ đo Simen D5000, tại Viện KHV L) và ghi ảnh hiển vi điện tử truyền qua (TEM, hệ đo TEM Tecnai 20ST, tại Đại học Osaka, Nhật Bản).

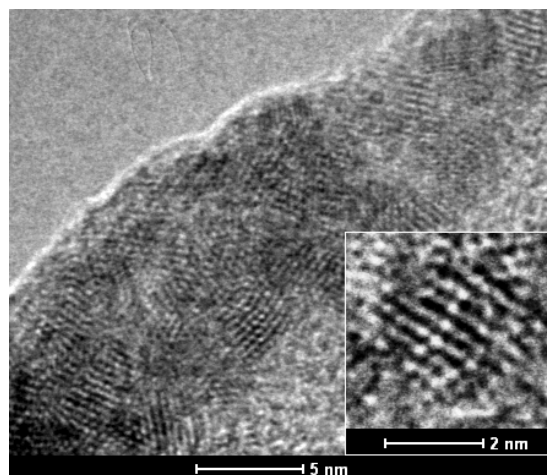
Phổ hấp thụ của QD CdTe được đo bằng phổ kế UV-Vis-NIR (Cary 5000). Phổ huỳnh quang và phép đo hiệu suất lượng tử huỳnh quang được thực hiện trên hệ đo Horiba iHR 550. Có thể sử dụng các nguồn kích thích có bước sóng khác nhau trong vùng hấp thụ của QD để kích thích huỳnh quang. Trong thí nghiệm hiện tại, diode bán dẫn phát quang (LED) tại bước sóng 370 hoặc 470 nm được sử dụng làm nguồn kích thích huỳnh quang. Tín hiệu huỳnh quang được tán sắc bằng máy đơn sắc cách tử có tiêu cự 550 mm và ghi nhận bằng CCD làm lạnh -70°C (Synape). Hiệu suất lượng tử phát quang được xác định bằng cách so sánh diện tích phổ huỳnh quang nhận được trong cùng điều kiện kích thích, của dung dịch QD CdTe trong nước và của Rh 6G (có hiệu suất lượng tử được công bố là 95%) với cùng độ hấp thụ tại 470 nm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Cấu trúc, kích thước và tính chất quang (hấp thụ, huỳnh quang) của các QD CdTe có thể được điều chỉnh bằng các thông số công nghệ như tỉ lệ Cd/Te, Cd/MPA, nồng độ và pH của các tiền chất phản ứng, nhiệt độ và thời gian phát triển tinh thể. Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng một số thông số công nghệ tối ưu đã được công bố về lượng sử dụng của Cd/Te/MPA (1 : 0,5 : 1,5), nồng độ của các chất phản ứng ($[CdBr_2] = 12,5 \text{ mM}$, $[NaH_2Te] = 0,625 \text{ M}$ và $[MPA] = 18,75 \text{ mM}$) và nhiệt độ phát triển tinh thể (120°C) [17], dành sự quan tâm nghiên cứu về ảnh hưởng của pH đến chất lượng của các QD CdTe. Khoảng pH phù hợp để chế tạo các QD CdTe được xác định trong khoảng 7 – 12 [4, 11]. Ở pH của dung dịch phản ứng xác định, thời gian phát triển tinh thể dài cho phép hạt tinh thể lớn hơn.



Hình 1. Giản đồ nhiễu xạ của các mẫu QD CdTe điển hình chế tạo ở pH = 7, tinh thể phát triển tại 120°C trong thời gian 5 phút và 540 phút

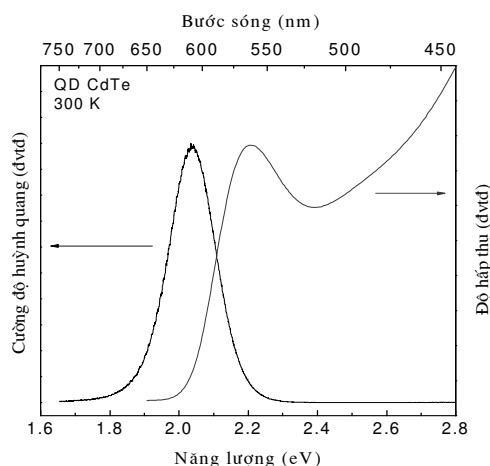


Hình 2. Ảnh TEM của các QD CdTe chế tạo ở pH = 7, tinh thể phát triển tại 120°C trong thời gian 360 phút

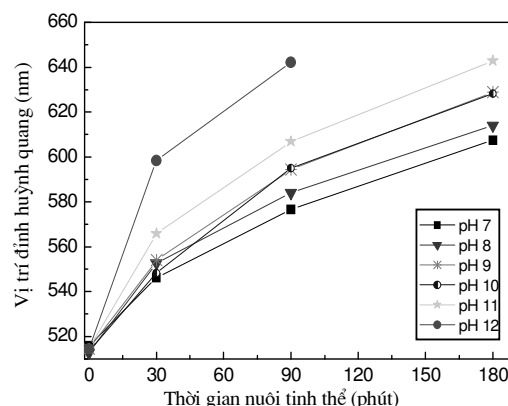
Hình 1 là giản đồ nhiễu xạ tia X của các mẫu QD CdTe điển hình chế tạo ở pH = 7, thời gian phát triển tinh thể 5 và 540 phút. Các QD CdTe có cấu trúc lập phương giả kim (zinc-blende) với đỉnh nhiễu xạ ở các góc 2θ khoảng $23,8^\circ$, $39,2^\circ$ và $46,8^\circ$ tương ứng với các mặt mạng (111), (220) và (311) [13 - 14]. Chúng tôi đã xác định kích thước hạt của QD CdTe gần đúng theo công thức Scherrer cho đỉnh nhiễu xạ (111), nhận được giá trị ~1,5 và 2 nm tương ứng với thời gian phát triển tinh thể là 5 và 540 phút. Trong khi đó, kích thước hạt trung bình nhận được trực tiếp từ ảnh TEM (hình 2) cho thấy lượng từ phát triển trong 360 phút là khoảng 2,3 nm, lớn hơn so với giá trị nhận được tương ứng từ giản đồ nhiễu xạ tia X. Thực tế, kích thước hạt vi tinh thể nhận được từ công thức Scherrer áp dụng cho một đỉnh nhiễu xạ nào đó thường bé hơn kích thước đo trực tiếp từ ảnh TEM, do có phân tán kích thước hạt trong mẫu, làm mở rộng vạch nhiễu xạ (do các hạt bé hơn trong tập hợp các hạt tinh thể nano cùng tham gia trong đỉnh nhiễu xạ).

Hình 3 trình bày phổ hấp thụ và phổ huỳnh quang của QD CdTe điển hình chế tạo ở pH = 7, nhiệt độ phát triển tinh thể 120°C , thời gian phát triển tinh thể 360 phút, phân tán trong nước. Đỉnh hấp thụ exciton ở ~562 nm (2,21 eV, tương ứng với chuyển dời $1S_{3/2}-1S_e$ của điện tử) rất rõ rệt chứng tỏ kích thước QD khá đồng nhất và chất lượng tinh thể tốt [13 - 14, 18]. Từ

phổ hấp thụ, có thể chọn ánh sáng có bước sóng khác nhau ngắn hơn ~562 nm để kích thích hiệu quả huỳnh quang. Các chấm lượng tử CdTe chế tạo được có cực đại huỳnh quang ở bước sóng ~610 nm (2,03 eV, tương ứng với chuyển dời $1S_e-1S_{3/2}$) và hiệu suất lượng tử huỳnh quang đạt ~40%. Sự dịch Stokes (khoảng cách giữa đỉnh phổ hấp thụ và huỳnh quang) trong chấm lượng tử CdTe (~50 nm) là khá lớn so với CdSe (~30 nm). Độ bán rộng phổ huỳnh quang ~50 nm tương ứng với độ phân tán kích thước 10%.



Hình 3. Phổ hấp thụ và huỳnh quang của CdTe chế tạo ở pH = 7, nhiệt độ phát triển tinh thể 120 °C, thời gian 360 phút



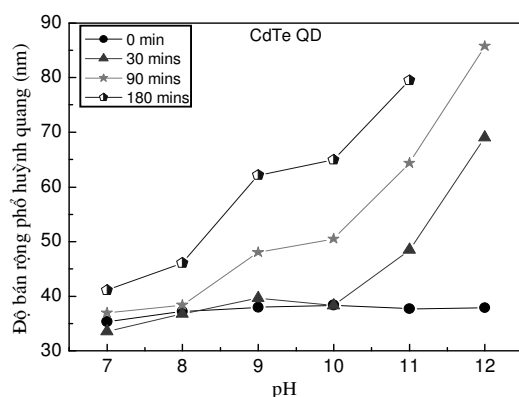
Hình 4. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của vị trí đỉnh huỳnh quang theo thời gian phát triển tinh thể và pH của dung dịch chất phản ứng

Nhằm khảo sát ảnh hưởng của pH tới sự hình thành và phát triển của chấm lượng tử CdTe, chúng tôi thực hiện thí nghiệm với một số công nghệ không đổi (nhiệt độ hình thành mầm và phát triển tinh thể), trong khi (i) thời gian phát triển tinh thể ở từng độ pH xác định được thay đổi một cách hệ thống và (ii) độ pH ở từng thời gian phát triển tinh thể xác định được thay đổi một cách hệ thống. Kết quả thí nghiệm (i) được trình bày hệ thống trên Hình 4: ở cùng thời gian phát triển tinh thể, pH tăng thì đỉnh phát xạ dịch về phía sóng dài, tương ứng với kích thước chấm lượng tử lớn. Nói cách khác, tốc độ phát triển tinh thể nhanh khi tăng pH của dung dịch tiền chất phản ứng. Lý giải kết quả này, có thể do sự thành các phức Cd-MPA theo một số cơ chế sau:



trong đó: R là gốc ankyl ($(CH_2)_n-$), khi bổ sung MPA vào dung dịch chứa ion Cd^{2+} thì ion Cd^{2+} tạo phức với MPA theo phương trình (2) hoặc (3) phụ thuộc vào tỉ lệ Cd : MPA. Trong bài báo này, chúng tôi thực hiện các thí nghiệm với Cd:MPA = 1:1,5 do đó chủ yếu tạo thành phức chất như (2). Các phức chất này không tan trong môi trường axit do đó chúng tôi chỉ tiến hành các thí nghiệm với pH trong khoảng 7 – 12. Ở môi trường pH < 7 xuất hiện tượng các kết tủa trắng và hiệu suất lượng tử phát quang của chấm lượng tử CdTe giảm, có thể do các ion H^+ được thêm vào trong dung dịch sẽ cạnh tranh với các ligand trên bề mặt các QD làm phá hủy khả năng phân

tán, do đó chúng bị kết đám [19]. Ở môi trường pH cao, các phức Cd-MPA có thể tồn tại ở trạng thái phân tử, là nguồn cung cấp Cd rất tốt cho quá trình tạo mầm và phát triển tinh thể QD CdTe. Do sự phân huỷ các phức chất Cd-MPA cho nên tốc độ tạo mầm và phát triển tinh thể phụ thuộc vào tốc độ tạo thành và phân huỷ phức chất này [20, 21]. Khi pH tăng, tốc độ phát triển tinh thể tăng tương ứng với kích thước chấm lượng tử tăng nhanh. Cần nhấn mạnh rằng có thể điều khiển kích thước hạt lớn bằng cách kéo dài thời gian nuôi tinh thể. Tuy nhiên, do sự phát triển của tinh thể có cạnh tranh nhau theo quá trình Ostwald [22], nên sau một thời gian, các tinh thể mầm nhỏ phát triển chậm hơn, thậm chí bị tan dần thành kích thước nhỏ hơn, trong khi đó các mầm lớn hơn được ưu tiên phát triển, làm cho phân bố kích thước hạt bị mở rộng ở vùng kích thước nhỏ. Điều chỉnh pH là giải pháp thay thế để điều khiển hiệu quả vùng kích thước của các QD, cho phép tốc độ phản ứng tạo mầm xảy ra nhanh, đồng thời tốc độ phát triển tinh thể cũng lớn hơn. Vì vậy, có thể tạo được các QD có kích thước lớn hơn với phân bố kích thước không bị quá phân tán do thời gian nuôi tinh thể kéo dài.



Hình 5. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của độ bán rộng phổ huỳnh quang theo pH của dung dịch chất phản ứng và thời gian nuôi tinh thể

Một phần của kết quả thí nghiệm (ii) được trình bày trên hình 5, biểu diễn sự phụ thuộc độ bán rộng phổ huỳnh quang vào pH của tiền chất phản ứng ở một số thời gian phát triển tinh thể khác nhau. Độ pH nhỏ cho kết quả mức độ mở rộng độ bán rộng phổ theo thời gian phát triển tinh thể ít hơn. Với pH của dung dịch tiền chất phản ứng trong khoảng 7 – 8, các QD CdTe có chất lượng huỳnh quang tốt nhất phù hợp với những số liệu đã công bố trên thế giới [4]. Nói chung, các QD chúng tôi chế tạo được phát huỳnh quang với độ bán rộng phổ trong khoảng 32 nm – 85 nm, có hiệu suất lượng tử trên 30%, nằm trong khoảng những số liệu đã công bố trên thế giới về QD CdTe chất lượng cao [14, 23, 24].

Kết quả phân tích chi tiết ảnh hưởng của pH và thời gian phát triển tinh thể cho thấy với thời gian phát triển tinh thể giữ nguyên (từ 30 giây đến hàng giờ) thì khi pH tăng (trong khoảng 7 – 12) làm cho tốc độ phát triển tinh thể tăng mạnh và độ bán rộng phổ huỳnh quang cũng tăng mạnh; khi giữ pH không đổi thì thời gian phát triển tinh thể kéo dài làm các chấm lượng tử to hơn và độ bán rộng phổ huỳnh quang cũng tăng nhanh. Để dung hoà yêu cầu vị trí đỉnh phổ huỳnh quang (do kích thước chấm lượng tử quy định) và độ bán rộng phổ huỳnh quang, chúng tôi thấy rằng khi cần chế tạo các chấm lượng tử CdTe phát quang vùng phổ xanh lục-vàng thì nên chọn pH = 7-8 và thời gian phát triển tinh thể ngắn dưới 60 phút; khi cần chế tạo các chấm lượng tử CdTe phát quang vùng phổ cam-đỏ thì nên chọn pH = 8 - 10 và thời gian phát triển tinh thể không kéo dài quá 180 phút. Các thông số pH và thời gian phát triển tinh thể trên đây cho phép chế tạo các chấm lượng tử CdTe huỳnh quang hiệu suất cao với đỉnh phổ thay đổi được theo yêu cầu trong vùng phổ từ 520 – 620 nm.

Hiệu suất lượng tử huỳnh quang được xác định bằng cách so sánh tích phân toàn diện tích phổ huỳnh quang trong vùng bước sóng tương ứng, kích thích bằng diode phát quang ở bước sóng 470 nm, với cùng độ hấp thụ (khoảng 0,1) với Rh 6G. Ở đây, Rh 6G có hiệu suất lượng tử 95% đã được sử dụng để làm chuẩn so sánh [25]. Kết quả là các QD CdTe với kích thước khác nhau có hiệu suất lượng tử khá cao trong khoảng ~20 – 60%. Thực tế, với những mẫu có hiệu suất lượng tử phát quang ~40% trở lên, có thể thấy rõ ràng huỳnh quang ngay dưới ánh sáng trong phòng thí nghiệm.

4. KẾT LUẬN

Chúng tôi đã chế tạo các chấm lượng tử CdTe có kích thước trong vùng 2,5 – 5,0 nm có hình dạng tựa cầu, có tính chất quang tốt (phổ hấp thụ với đỉnh hấp thụ exciton rõ rệt, huỳnh quang với độ bán rộng phổ hẹp nhất đạt ~32 nm và hiệu suất phát quang cao nhất đạt ~60%). Ảnh hưởng của một số điều kiện công nghệ, đặc biệt là pH của dung dịch các tiền chất phản ứng và thời gian phát triển tinh thể, tới chất lượng của các chấm lượng tử CdTe được nghiên cứu khá chi tiết. Để dung hoà yêu cầu vị trí đỉnh phổ huỳnh quang và độ bán rộng phổ huỳnh quang, chúng tôi thấy rằng khi cần chế tạo các chấm lượng tử CdTe phát quang vùng phổ xanh lục-vàng thì nên chọn pH = 7-8 và thời gian phát triển tinh thể ngắn dưới 60 phút; khi cần chế tạo các chấm lượng tử CdTe phát quang vùng phổ cam-đỏ thì nên chọn pH = 8-10 và thời gian phát triển tinh thể không kéo dài quá 180 phút. Hiện nay, một số tập thể nghiên cứu (thuộc Viện Vật lý và Viện Công nghệ sinh học, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam; Phòng thí nghiệm Vật liệu nanô y-sinh thuộc Đại học Sư phạm Cachan, Cộng hoà Pháp) đang sử dụng các chấm lượng tử bán dẫn CdSe và CdTe do chúng tôi cung cấp để nghiên cứu đánh dấu huỳnh quang khuẩn Coli, protein BSA và kháng thể phage,... Chúng tôi đang hoàn thiện công nghệ chế tạo quy mô hàng gam chấm lượng tử bán dẫn CdTe mỗi mẻ, nhằm ứng dụng thực tế các chấm lượng tử bán dẫn trong công nghiệp chiếu sáng trạng thái rắn – solid state lighting.

Lời cảm ơn. Các tác giả cảm ơn Ths. Lê Quang Phương đã giúp ghi ảnh TEM. Chương trình Nghiên cứu cơ bản trong Khoa học Tự nhiên và Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã tài trợ kinh phí thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. C. B. Murray, D. J. Norris and M. G. Bawendi - J. Am. Chem. Soc. **115** (1993) 8706.
2. Z. Gu, L. Zou, Z. Fang, W. Zhu and X. Zhong - Nanotech **19** (2008) 135604.
3. D. Gross, A. S. Sussha, T. A. Klar, E. D. Como, A. L. Rogach, J. Feldmann - Nano Lett. **8** (2008) 1482-1485.
4. L. Li, H. Qian, N. Fang and J. Ren - J. Luminescence **116** (2006) 60.
5. W. U. Huynh, J. J. Dittmer and A. P. Alivisatos - Science **295** (2002) 2425.
6. N. Charvet, P. Reiss, A. Roget, A. Dupuis, D. Grunwald, S. Carayon, F. Chandezon, T. Livache - J. Mater. Chem. **14** (2004) 2638.
7. N. C. Greenham, X. Peng, A. P. Alivisatos - Phys. Rev. B **54** (1996) 17628.
8. B. O. Dabbousi, J. R. Viejo, F. V. Mikulec, J. R. Heine, H. Mattoussi, R. Ober, K. F. Jensen, and M. G. Bawendi - J. Phys. Chem. B **101** (1997) 9463.
9. Z. A. Peng and X. Peng - J. Am. Chem. Soc. **123** (2001) 183.
10. F. V. Mikulec, M. G. Bawendi, S. Kim - Patent WO 01/07689.

11. D. V. Talapin, S. Haubold, A. L. Rogach, A. Kornowski, M. Haase, H. Weller - J. Phys. Chem. B **105** (2001) 2260.
12. U. T. D. Thuy, N. Q. Liem, D. X. Thanh, M. Protière, P. Reiss - Appl. Phys. Lett. **91** (2007) 241908.
13. A. L. Rogach, L. Katsikas, A. Kornowski, D. Su, A. Eychmüller, H. Weller - Phys. Chem. **100** (1996) 1772.
14. W. Yang, W. Li, H. Dou and K. Sun - Mater. Lett. **62** (2008) 2565.
15. N. Q. Liem, L. Q. Phuong, T. T. K. Chi, U. T. D. Thuy, and D. X. Thanh - J. Korean Phys. Society **53** (2008) 1570-1574.
16. H.B. Bao, Y. J. Gong, Z. Li, M. Y. Gao - Chem. Mater. **16** (2004) 3855.
17. P. S. Toan, T. D. Thien, D. D. M. Tan, D. X. Thanh, N. Q. Liem - Adv. Optic V (2009) 358-362.
18. J. Li, J-B. Xia - Phys. Rev. B **61** (2000) 15880.
19. Y. Zhang, L. Mi, P. Wang, J. Ma, J. Chen - J. Luminescence **128** (2008) 1950.
20. L. Zou, Z. Gu, N. Zhang, Y. Zhang, Z. Fang, W. Zhu and X. Zhong - J. Mater. Chem. **18** (2008) 2813.
21. V. Swayambunathan, D. Hayes, K.H. Schmidt, Y.X.Liao and D.Meisel - J. Am. Chem. **112** (1990) 3837.
22. A. Knight, J. Gaunt, T. Davidson, V. Chechik, S. Windsor - NPL Rep. DQL-AS 007, 2004, p. 11.
23. N. Gaponik, D. V. Talapin, A. L. Rogach, K. Hoppe, E. V. Shevchenko - J. Phys. Chem. B **106** (2002) 7177.
24. S. J. Byrne, S. A. Corr, T. Y. Rakovich, Y. K. Gunko, Y. P. Rakovich - J. Mater. Chem. **16** (2006) 2896-2902.
25. P. Reiss, S. Carayon, J. Bleuse, A. Pron - Synthetic Metals **139** (2003) 649.

SUMMARY

INFLUENCE OF pH ON THE CREATION AND GROWTH OF WATER-SOLUBLE CdTe QUANTUM DOTS

In this paper we present the study of the influence of pH on the creation and growth of CdTe quantum dots in aqueous phase. The high quality of water-soluble CdTe quantum dots are confirmed through their X-ray diffraction pattern and transmission electron microscope (TEM) image. pH of the reaction medium affects significantly to the optical properties of the synthesized CdTe quantum dots, namely the photoluminescent spectra possess full width at half maximum of 32 – 85 nm corresponding to the pH range of 7 – 12, respectively. At pH = 7 – 8, the CdTe quantum dots are best in quality with quasi-spherical shape, mean size of 2.5 – 5.0 nm depending on the growth time, size dispersion of 10%, and luminescence quantum yield of 40 – 60%.

Địa chỉ:

Nhận bài ngày 17 tháng 4 năm 2009

Viện Khoa học Vật liệu, Viện KH&CN Việt Nam